



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Licenciatura em Oceanografia

**Estudo dos efeitos do nível de mar nos mangais da boca de estuário dos
Bons Sinais, Cidade de Quelimane**



Jorge Augusto Catandica

Quelimane, Abril 2019



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia submetida para obtenção do grau de Licenciatura em Oceanografia

**Estudo dos efeitos do nível de mar nos mangais da boca de estuário dos
Bons Sinais, Cidade de Quelimane**

Autor:

Jorge Augusto Catandica

Supervisor: Prof. Doutor Fialho Nehama

Co-Supervisores:

Doutor. Hélder Machaeie

Quelimane, Abril 2019

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida, força e motivação de atrever todos obstáculos da vida, por proporcionar a presença de pessoas incríveis em minha vida.

Agradeço ao Dr. Fialho Nehama pela supervisão de todo trabalho realizado por mim. Agradecer aos membros do projecto C-RISe, nomeadamente ao Dr. David Cotton, a Dra. Amani Becker, o Dr Ellis Ash que mesmo estando distantes eles sempre mostraram disponibilidade para esclarecimento de qualquer dúvida.

Agradeço ao meu tio, Sr. Jorge Augusto Catandica, e a minha tia Josina Augusto Catandica e Janete Gemusse, pelo amor, carinho e todo apoio. Agradeço aos meus primos Felex Silvestre Macuane, Nelson Jorge Augusto, Leonardo Augusto Catandica por estarem presente em todos momentos da minha vida desde a infância até a fase adulta.

. Um agradecimento especial a estas 3 pessoas que em pouco tempo tornaram-se indispensáveis na minha vida nomeadamente: Zuneid Yura Issufo, Nelson António Artur e Suzana Fernando Matavele pelo amor, carinho, amizade, cumplicidade e por me ajudarem em momentos de Necessidade. Muito Obrigado pelo fundo do meu coração.

Agradeço a Auneta Juize, Lúcia Rita Chissano, ao Felisberto Felix, Gerson De Jesus Vilanculos, Oldim Chuquelane, Tania Bila e a Ancha Emércia pela amizade e companheirismo. Muito obrigado!

Agradeço a Olinda Rufo pela força ,ao Keven Elias Langa, Fenando Sibanda, Autênsio Nobre, Virgílio Mabjaia, Lucas Raul, Humberto Fernando e Zeinul Dufa , Antonio Cumbi, Anoque Amoda Chakanga, Augusto Vuja, João Manengue, Fátima Lisboa, Calmira Jorge, Charlene Mayte, Isabel Nhampa, Assane Juliasse, Lucia Banze, Jane Matania, Maura Pascoal, Noémia, Fernanda Cadeado, Angelina Mapiri, Katia Matucanduva, Sadia Acub, Ana Madeira, Nora Chilaúle, Amade Baraza, Fenias Chirindza, Epafrodito e todos outros que me apoiaram durante esta jornada.

“A vida demora um tempo para mostrar se fizemos a escolha certa, e a angustia não faz com que esse processo acelere, ela apenas tira o foco do que realmente queremos. AME, QUESTIONE E ESPERE.”

Jermaine Lamar Cole “J.Cole”

Dedicatória

Dedico este trabalho a toda minha família, em especial o meu tio Jorge Augusto Catandica, o qual garantiu os meus estudos.

Declaração de Honra

Declaro que esta monografia nunca foi apresentada para obtenção de qualquer grau e que ela constitui o resultado do meu labor individual. Esta monografia é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos de obtenção do grau de Licenciatura em Oceanografia, da Universidade Eduardo Mondlane.

Quelimane, Abril de 2019

Autor

(Jorge Augusto Catandica)

Resumo

O presente trabalho objectiva-se a apresentar potenciais abordagens do uso de sensoriamento remoto através do cálculo de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para entendimento dos possíveis efeitos do nível do mar sobre o ecossistema do mangal na boca de Estuário Bons Sinais, no Distrito de Quelimane, Província da Zambézia. Para a realização do presente trabalho foram usados dados do nível do mar fornecidos pela C-RISe num intervalo de 14 anos (2002 a 2016) e imagens de cobertura de mangal do satélite de sensor LandSat- Level 2(4-5) (TM) para o ano de 2002 e 2009 e LandSat 8 (OLI) para o ano de 2016 para o cálculo do (NDVI). Os resultados do nível do mar apresentaram uma tendência crescente tendo aumentado de -1,90cm para 3,15cm de 2002 a 2016. Os resultados do NDVI mostram uma queda nos valores de NDVI para o ano de 2016 em relação aos anos de 2002 e 2009 mostrando uma correlação negativa significativa de -0,9 com o nível do mar. No cenário de resposta dos mangais foram destacadas o cenários de erosão, migração, colonização e uma alteração considerável do NDVI de 2002 a 2016. Concluiu-se que a elevação do nível do mar e a cobertura de mangais estão correlacionadas negativamente, o que implica que a elevação do nível do mar é a causa do redução de mangais na área.

Palavras chaves: Sensoriamento remoto, Nível do mar, Índice de vegetação, Mangal.

Abstract

The present work aims to present potential approaches to the use of remote sensing through the calculation of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to understand the possible effects of sea level on the mangrove ecosystem in the mouth of the Estuary Bons Sinais, Quelimane District, in Zambézia province. For the accomplishment of the present work, were used sea-level data provided by C-RISe over a period of 14 years (2002 to 2016) and mangrove cover images of the LandSat-Level 2 (TM)(4-5) sensor satellite for the year 2002 and 2009 and LandSat 8 (OLI) for the year 2016 for the calculation of (NDVI). The sea level results showed an increasing trend, increasing from -1.90cm to 3.15cm from 2002 to 2016. NDVI results show a decrease in NDVI values for the year 2016 in relation to the years 2002 and 2009 showing a significant negative correlation of -0.9 with sea level. In the response scenario of the mangroves the scenarios of erosion, migration, colonization and a considerable change of the NDVI from 2002 to 2016 were highlighted. It was concluded that sea level rise and mangrove coverage are negatively correlated, which implies that the sea level rise is the cause for mangrove retreatment in the area

Key words: Remote sensing, Sea level, Vegetation index, Mangrove.

Índice

Lista de figuras	viii
Lista de tabelas	viii
Lista de abreviaturas.....	ix
CAPITULO I.....	10
1. Introdução.....	10
1.1. Objectivos:	12
1.1.3. Específicos.....	12
CAPITULO II	13
2. Fundamentação Teórica	13
2.1. Mangal.....	13
2.1.2. Distribuição Mundial do mangal	13
2.1.3. Distribuição regional	14
2.1.4. Zoneamento do Mangal.....	15
2.1.5. Função ecológica do mangal	15
2.2. Mudanças climáticas	16
2.2.2. Nível do mar.....	16
2.2.3. Vulnerabilidade costeira ao aumento do nível do mar	17
2.2.4. Vulnerabilidade dos mangais ao aumento do nível do mar	18
2.2.5. Padrão de resposta do mangal a alterações do nível do mar	18
2.3. Sensoriamento Remoto.....	20
CAPITULO III	22
3. Metodologia.....	22
3.1. Área de Estudo	22
3.1.1. Clima Regional.....	22
3.2. Métodos.....	22
CAPITULO IV	26
4. Resultados	26
4.1. Variação do Nível do mar.....	26
4.2. Variação do NDVI.....	27
4.4. Classificação do Cenário de respostas do mangal em relação as alterações do nível do mar	28
CAPITULO V	29
5. Discussão.....	29

CAPITULO VI.....30

6. Conclusão30

6.1. Recomendações30

CAPITULO VII.....32

7. Referencias Bibliográficas32

Lista de figuras

Figura.1: Distribuição global de florestas de mangal 2000 (<i>Giri et al., 2011</i>).....	15
Figura.2: Distribuição Nacional do Mangal. Fonte: Zide & Rajkaran (2014).....	15
Figura.3: Cenários para o padrão geral de resposta do mangal a alterações no NM (<i>Bezerra et al, 2013</i>).....	20
Figura.4: Mapa de localização da área de estudo.....	24
Figura.5: Indicção do ponto de extracção dos dados do Nível do mar.....	26
Figura.6: (a) Variação anual do nível do mar, (b) Tendência geral das oscilações de 10 em 10 dias do nível do Mar para os anos 2002, 2009 e 2016.....	29
Figura.8: Gráfico de tendências de 2002, 2009 e 2016.....	35

Lista de tabelas

Tabela.1: padrão de resposta de mangal as alterações do NM.....	26
Tabela.2: Correlação entre o NM e o NDVI.....	29
Tabela.3: Classificação dos cenários de resposta do mangal.....	30
Tabela.4: Médias de NDVI.....	35

Lista de abreviaturas

Abreviaturas

Significado

NMM	Nível Médio do Mar
NMRM	Nivel Medio Relativo do Mar
NM	Nível do mar
AIM	Área de Influencia da Mare
MSS	Multiespectral Scanner
TM	Thematic Mapper
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

CAPITULO I

1. Introdução

Actualmente têm-se olhado para os processos das mudanças climáticas como sendo respostas às acções do homem, tendo várias consequências incluindo alterações do nível do mar, que no caso de um aumento acaba tornando-se numa grande preocupação para as zonas costeiras. A zona costeira é a região mais vulnerável ao aumento do nível do mar, podendo ainda sofrer o impacto das alterações em outros componentes do sistema climático, acumulando os efeitos de mudanças nas taxas de precipitação, no clima de ondas e ventos, dentre outros (Santos, 2017). Entre estes impactos, as inundações são uns dos principais efeitos das mudanças do clima no ambiente costeiro (Nicholls e Cazenave, 2010).

Devido sua posição entre o mar e o continente, o ecossistema mangal é um ecossistema exposto, fácil de ser modificado ou alterado pelas perturbações ou variações do mar (Bezerra *et al*, 2013). Tornando-se assim um ecossistema vulnerável às variações do mar. A vulnerabilidade dos mangais pode ser entendida como a susceptibilidade do mangal aos efeitos adversos ou a incapacidade de administrar esses efeitos. A capacidade ou incapacidade de adaptação ou o padrão de resposta do mangal à elevação do nível do mar é dependente das características geográficas, oceanográficas e ambientais, nas escalas local e regional (Adger, 2006; Bezerra *et al*, 2013).

Vários estudos têm sido feitos para compreender os efeitos ou impactos das alterações do nível do mar sobre os mangais no mundo, entre estes é possível mencionar o de Soares (2009), que desenvolveu um modelo conceitual que indica os potenciais impactos da elevação do mar no ecossistema mangal no Pará em Brasil e mais tarde Bezerra *et al*. (2013) que com ajuda do sensoriamento remoto e modelos computacionais analisou os impactos da elevação do nível médio do mar sobre o ecossistema mangal também no Brasil.

Em Moçambique alguns estudos direccionados a entender as transformações nas áreas de mangal já foram feitos, entre estes é possível mencionar: Malua(2016) que estudou as Transformações na Área do Mangal entre Factores Naturais e Humanos com o objectivo de analisar as transformações decorrentes da actuação de factores naturais e humanos sobre as áreas do mangal no bairro Muave, na cidade da Beira de 2005 à 2015; e Guta (2017) que fez o mapeamento de áreas inundadas pela maré para auxiliar o reflorestamento de mangal onde teve como objectivo principal determinar a melhor espécie para o

reflorestamento do mangal em Icidua de acordo com as características da inundação e da salinidade e nenhum destes estudos esteve direccionado para compreender os efeitos do nível do mar no ecossistema de mangal, tornando a pouca produção científica moçambicana sobre como os mangais respondem às variações do nível do mar como um facto que indica a necessidade de haver uma pesquisa abordando a temática.

Já que o problema identificado é a pouca produção científica moçambicana sobre como os mangais respondem às variações do nível do mar, o presente trabalho objectiva-se a apresentar potenciais abordagens do uso de sensoriamento e o cálculo do NDVI para entendimento dos possíveis efeitos do nível do mar sobre o ecossistema do mangal na costa moçambicana para articulação de medidas de preservação e mitigação.

1.1.Objectivos:

1.1.2. Geral

O objectivo geral do presente estudo é estudar os efeitos do nível do mar entre os anos 2002 a 2016, sobre uma área do ecossistema de mangal no Estuário Bons Sinais.

1.1.3. Específicos

O presente estudo tem como objectivos específicos os seguintes:

- Descrever o cenário das alterações do nível do mar de 2002 a 2016 na região da boca do Estuário Bons Sinais
- Determinar as variações do NDVI na ilha dos cavalos marinhos para os anos 2002,2009 e 2016.
- Determinar a correlação existente entre o NDVI e o nível do mar
- Identificar as respostas do mangal às alterações do nível do mar de mangal

CAPITULO II

2. Fundamentação Teórica

2.1. Mangal

Os mangais são definidos como um complexo de comunidades vegetais que bordejam praias abrigadas ou como um grupo ecológico de espécies holófitas (Zide & Rajkaran, 2015).

Existem na literatura várias formas de cartelizar as florestas de mangal, mas em particular a de Neve *et al* (2005) que parece abranger todos os aspectos do mangal e passo a citar:

“A floresta dos mangais é caracterizada por conter características específicas que lhes permitem sobreviver onde a maioria das plantas não conseguem. Desenvolveram assim características morfológicas e fisiológicas que lhes concedem a capacidade de se manterem vivas em águas quentes, pobres em oxigénio, com concentrações elevadas de sais dissolvidos e constantes mudanças do nível da água. ”

Mangais são considerados como ecossistemas altamente produtivos, devido a grande quantidade de matéria orgânica gerada neste ambiente e liberada para as águas costeiras na forma de detritos, compondo a base alimentar de várias espécies de caranguejos, camarões e peixes de valor comercial. Estes estão entre os ecossistemas mais produtivos e biologicamente importantes do mundo, pois fornecem bens e serviços dos ecossistemas importantes para a sociedade humana e os sistemas costeiros e marinhos (Neves *et al* 2015).

2.1.2. Distribuição Mundial do mangal

As florestas de mangal são reconhecidas internacionalmente como ecossistemas cruciais, fornecendo importantes serviços e produtos de ecossistema (Zide & Rajkaran, 2015). Em termos globais, as florestas de mangal cobrem 10-24 milhões de hectares, dominando as costas nas regiões tropicais e subtropicais do globo como ilustra a Figura 1 abaixo (Zide & Rajkaran, 2015).

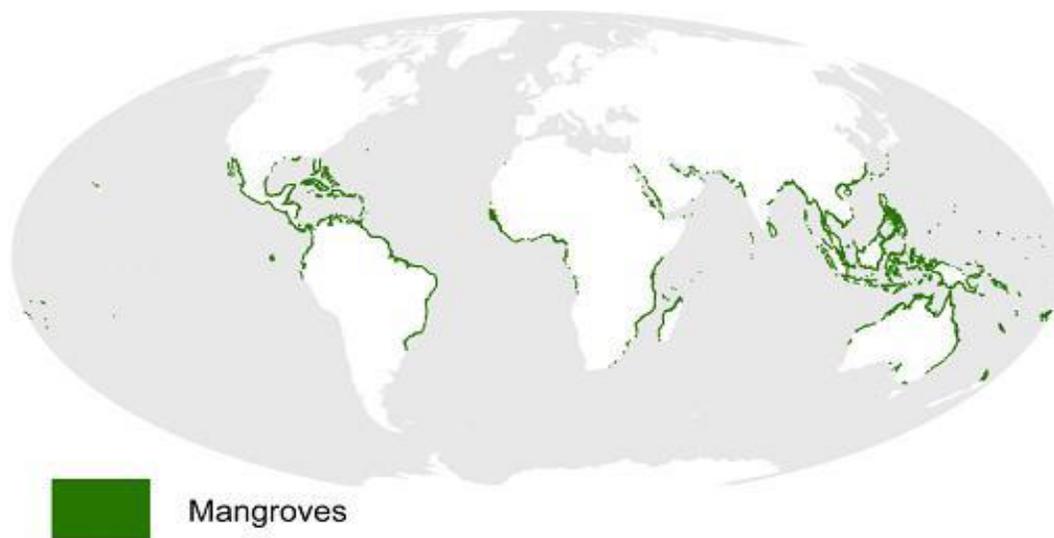


Figure 1: Distribuição global de florestas de mangal 2000 (*Giri et al., 2011*).

2.1.3. Distribuição regional

Moçambique detém 2,3% de todos os mangais existentes no mundo. Com predominância no centro do país, especialmente no delta do Rio Zambeze e nos estuários Pungue e Save, onde estes se estendem até 50km para o interior (Biofund, 2017). Como tal e devido aos seus serviços marinhos e ambientais, as florestas de mangal são ecossistemas importantes que precisam ser conservados e os desenvolvimentos em torno dessas áreas devem ser cuidadosamente planeados e executados (Zide & Rajkaran, 2015).



Figura.2:Distribuição Nacional do Mangal. Fonte: Zide & Rajkaran (2014).

Em Moçambique, cerca de 12,5% dos mangais se perderam ao longo de um período de 32 anos entre 1972 e 2004 devido as actividades antrópicas assim como naturais, com uma taxa de desmatamento de cerca de 15,9 km²/ano (Zide & Rajkaran, 2014).

2.1.4. Zoneamento do Mangal

Muitos estudos classificam as comunidades de mangal como espécies pioneiras ou de sucessão consecutivas. Deste modo, a zonação dentro de um ecossistema de mangal tenderia a evoluir para uma comunidade vegetal terrestre (floresta). Mas outros investigadores consideram o ecossistema de mangal como uma comunidade estável, que interage e responde às condições ambientais dentro do mesmo, ou a forças ambientais externas como mudança no nível do mar, composição do substrato e a acção das ondas (Neves *et al*, 2015).

Segundo Fruehauf (2005) citado por Guta (2018), Zoneamento é o termo usado para exprimir a forma de colonização do espaço em zonas, camadas ou faixas distintas, compostas por apenas uma espécie ou por um dado conjunto de espécies arbóreas, sendo estas distribuídas espacialmente em relação à linha de água. No que concerne à salinidade, este factor é considerado um eliminador competitivo e por isso não é determinante na zonação. O mangal pode crescer em habitats de água doce, mas lentamente e não competem bem com o biótopo local (Neves *et al*, 2015). A zonação dos mangais será um resultado global de todas as forças externas que actuem no local (Neves *et al*, 2015).

2.1.5. Função ecológica do mangal

Os mangais são ecossistemas altamente produtivos transformando matéria orgânica que sustenta outros ecossistemas como recifes de coral e tapetes de ervas marinhas (Biofund, 2017). Servem também de abrigo e esconderijo para peixes e invertebrados marinhos juvenis, especialmente para espécies de camarão que, mais tarde poderão ser exploradas em águas profundas para fins comerciais (MITADER, 2015). Fixando as suas raízes no leito de sedimentos da zona entremarres, os mangais tem também a função de purificar a água drenada da terra para o mar, filtrando, em parte, toxinas e agentes contaminadores (Biofund, 2017).

2.2. Mudanças climáticas

Segundo Tardy (1997) muitos estudos objectivam-se nas mudanças climáticas nos últimos anos, porém têm feito parte do quotidiano do planeta ao longo do tempo geológico. O sistema climático possui um equilíbrio natural, obtido através da troca de energia entre a superfície terrestre e a atmosfera. Dessa forma, o balanço entre a radiação solar incidente e a radiação emitida pelo sistema terrestre se faz necessário para que haja um sistema climático equilibrado (Santos, 2017). Esse balanço é influenciado parcialmente pela presença de gases na atmosfera, que absorvem e emitem radiação infravermelha e aprisionam calor, exercendo papel fundamental para o efeito estufa natural (IPCC, 2001). Assim, alterações nas radiações solar e infravermelha acarretam o desequilíbrio do sistema climático, sendo referidas como radiative forcing, termo que é referenciado como forçante radioactivo. Este termo se refere às perturbações externas impostas ao total de energia radioactiva do sistema climático terrestre (Santos, 2017).

No contexto das mudanças climáticas, o forçante radioactivo se refere às mudanças no sistema superfície-troposfera impostas por agentes externos. Apesar da abordagem dos forçantes radioactivos, as variações no clima também podem resultar das interações internas entre os componentes do sistema climático, já que estes possuem diferentes tipos de respostas e interações não lineares entre si (IPCC, 2001).

No entanto, além das oscilações climáticas naturais, também são percebidas alterações nos padrões climáticos de longo prazo, tendo sido observado um aumento na temperatura superficial da Terra ao longo do século 20 (IPCC, 2007, 2013). As mudanças climáticas vêm se manifestando de diversas formas, dentre elas esta a forte correlação entre o CO₂ atmosférico e a temperatura média do globo, além dos aumentos nas médias globais de temperatura dos oceanos e do nível do mar (IPCC, 2007).

2.2.2. Nível do mar

O processo de mudança climática resultante das actividades humanas é muito provável e dentre suas consequências, a elevação do nível médio do mar é a maior preocupação para as zonas costeiras (Bezerra *et al*, 2013).

O aumento da temperatura global leva à expansão térmica da água, que é um dos principais factores relacionados ao aumento do NMM. Outros factores que contribuem para as alterações de nível são as

calotas e camadas de gelo e o acúmulo de água em reservatórios terrestre (Church, et al., 2007). No entanto, como o principal factor de alteração no nível do mar está relacionado de forma directa às mudanças na temperatura do planeta, este se torna o aspecto mais representativo das alterações possíveis de serem encontradas futuramente nos oceanos (Gregory e Lowe, 2000).

As estimativas mais recentes sugerem que é muito provável que o nível do mar aumente em 95% das áreas costeiras em todo o mundo nas ultimas décadas do seculo XXI, com variações que variam entre 0,26 m nos modelos mais optimistas e 0,98 m nas projecções mais pessimistas (IPCC, 2013).

De acordo com Giri et al. (2011), o aumento do nível do mar poderia tornar-se uma das principais ameaças para os ecossistemas de mangal no futuro. A velocidade a que o sistema de mangal é capaz de agregar sedimento durante a subida do nível do mar irá influenciar se o sistema é capaz de se restabelecer (Alongi, 2011). Isso faz com que certos sistemas de mangal e espécies sejam mais vulneráveis do que outros (Zide & Rajkaran, 2015).

2.2.3. Vulnerabilidade costeira ao aumento do nível do mar

Segundo Gallpin (2006) e Adeger (2006). O termo vulnerabilidade tem sido bastante utilizado no meio científico, porém seu significado tem sido atrelado às diferentes abordagens definidas de acordo com a área de pesquisa em que o conceito é empregado. Entretanto, apesar da gama de abordagens:

“ O conceito de vulnerabilidade comumente abrange componentes que incluem a exposição e a sensibilidade às perturbações externas e a capacidade de adaptação. A exposição se refere à natureza e ao grau no qual o sistema está submetido, a sensibilidade ao grau em que o sistema é modificado ou alterado pelas perturbações e a capacidade de adaptação reside na habilidade do sistema em se acomodar ou expandir frente às perturbações.”

A vulnerabilidade costeira às mudanças climáticas pode ser entendida como a susceptibilidade da zona costeira aos efeitos adversos ou a incapacidade de administrar esses efeitos (IPCC, 2001). Por se tratar de uma zona de interface entre continente, oceano e atmosfera, a área costeira está sujeita às mudanças que podem ocorrer nos agentes ambientais dos três sistemas. Dessa forma, a zona costeira está vulnerável à elevação do nível médio do mar relativo, ao aumento da ocorrência e intensidade de extremos climáticos e às alterações no clima de ventos e ondas, dentre outros. Todas essas consequências podem, em certo grau, intensificar e provocar inundações nos ecossistemas costeiros.

2.2.4. Vulnerabilidade dos mangais ao aumento do nível do mar

O ecossistema de mangal não acompanha a mudança do nível de mar quando a taxa de mudança na elevação dos sedimentos superficiais da planície de mangal é excedida pela taxa de variação do NMRM (Gilman *et al* 2006).

Segundo Santos (2017), com o aumento do nível do mar, a tendência é que haja a diminuição das áreas de mangal, pois o ecossistema tende a migrar em direção ao continente e esse processo pode ser impedido pela presença de áreas urbanizadas ou substrato rochoso, por exemplo. Embora os mangais estejam bem adaptados para serem bem-sucedidos em condições de altas temperaturas, substratos anaeróbicos e variações de salinidade, existem certas situações, tanto naturais como induzidas pelo homem, para as quais são extremamente vulneráveis (Odum e Johannes, 1975).

2.2.5. Padrão de resposta do mangal a alterações do nível do mar

Segundo Gilman *et al* (2006), quando a mudança do nível do mar é o factor predominante controlando a posição dos mangais, existem três respostas (Figura 3) dos mangais às tendências do nível do mar.

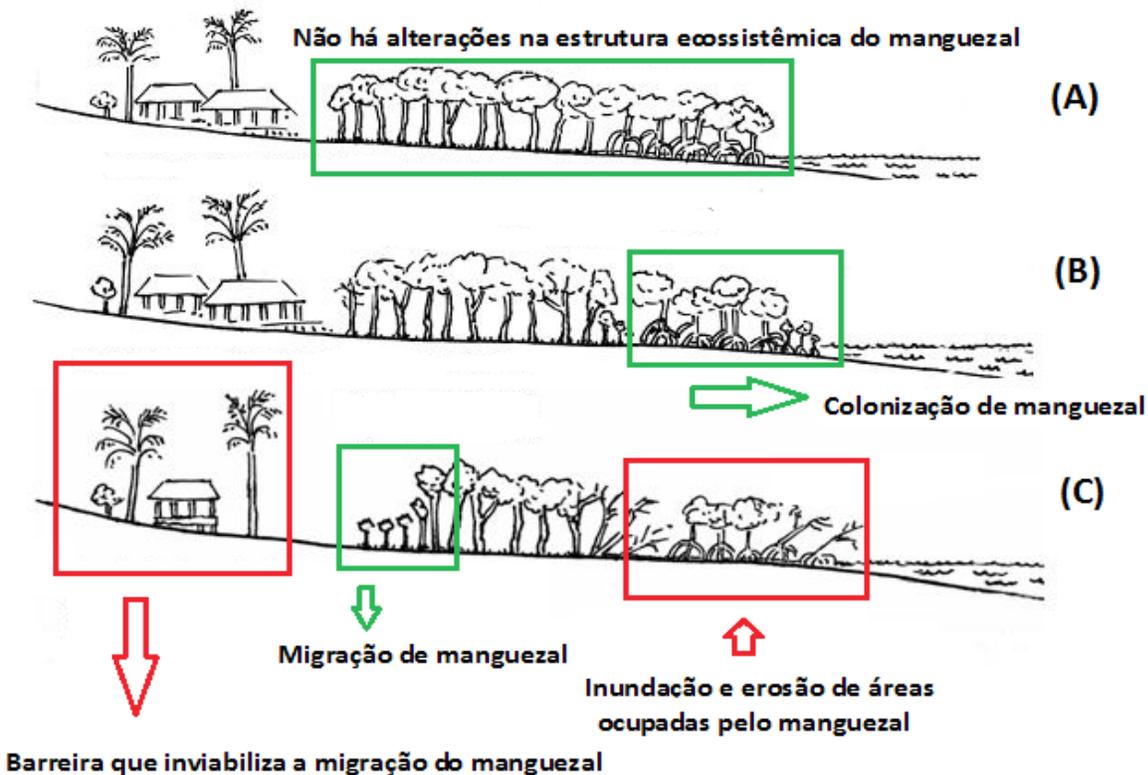


Figura 3: Cenários para o padrão geral de resposta do mangal a alterações no NM (Bezerra *et al*, 2013). **Fonte:** adaptado de Gilman *et al*. (2006)

Estabilidade no Mangal: Quando não há aumento do nível do mar em relação à superfície de ocorrência do mangal. Neste cenário, não há alterações significativas na estrutura ecossistema local do mangal (alteração na área, por exemplo), a ocorrência e distribuição das sementes características do mangal são condicionadas pelo processo de zonação pré-existente no local (painel 1a; Bezerra *et al*, 2013).

Colonização do Mangal: Quando ocorre retracção do NM em relação à superfície de ocorrência do mangal. Para este cenário, o mangal pode ocupar áreas que outrora estavam submersas, e dependendo da topografia, o mangal também pode expandir lateralmente (painel 1b; Bezerra *et al*, 2013).

Migração do Mangal: Quando ocorre aumento do NM em relação à superfície de ocupação do mangal. Neste cenário, pode haver inundação permanente e erosão de áreas ocupadas pelo mangal, deslocamento da área de influência das marés, o que pode ocasionar perdas de diversidade biológica em decorrência de alterações no hidropéριο ou seja o tempo de inundação que ocorre com a frequência da mare e na zonação das espécies vegetais do mangal, e pode ocorrer também, migração do mangal em direcção ao continente, caso não existam barreiras à sua colonização (ex. construções antrópicas) . Com a elevação do NM, o mangal pode sofrer diferentes alterações ambientais, tais como modificação na área de ocorrência (aumento ou diminuição), migração para áreas adjacentes, ou ainda tornar-se susceptível à perda de diversidade biológica, o que pode comprometer os bens e serviços oferecidos pelo mesmo à zona costeira (Bezerra *et al.*, 2013).

A elevação do nível do mar pode causar o deslocamento do área de influencia de mare podendo assim alterar o padrão inicial da zonação das espécies do mangal causando possíveis mudanças na diversidade biológica, visto que algumas espécies podem adaptar-se melhor que outras. Ao modificar o padrão das marés, alterações no nível do mar podem também modificar o processo de sedimentação principalmente de sedimentos finos que são transportados em suspensão na coluna de água através da acção das marés. Podendo favorecer assim a acreção de sedimento, fato que propicia aumento do substrato lamoso, o que pode favorecer a expansão do mangal. Segundo Pachauri(2015) a elevação do nível do mar não será uniforme em todas as regiões e cerca de 70% do litoral global sofrerá uma mudança de $\pm 20\%$ da média global. Portanto, a resposta dos mangais a essas mudanças provavelmente variará regionalmente.

Segundo Soares *et al.* (2002) e Soares (2009). Por responder à dinâmica do NMRM, o ecossistema de mangal tem sido sugerido como indicador do processo de elevação do nível do mar. Outra possível resposta é a migração do mangal para áreas adjacentes, quando a elevação do nível do mar propicia o aumento da entrada de água salgada em rios e estuários. Contudo, o processo de migração depende das formas de uso e ocupação do solo em áreas marginais ao mangal, principalmente as de origem antrópica, que podem actuar como barreiras à colonização de novas áreas.

Num estudo feito por Lara e Cohen (2003), no Estado do Pará em Brasil, os autores constataram que a elevação do nível do mar pode também propiciar redução de áreas de mangal ao fazer uma análise da taxa de retracção de área do mangal na área de estudo por influência da invasão de areia transportada pela coluna de águas que ao cobrir as camadas de lama causavam asfixia das raízes do mangal. O mangal também pode perder área quando de um lado o mangal é submerso ou sofre com a erosão proveniente da elevação do NM e do outro, o mesmo não encontra condições adequadas à colonização em áreas circunvizinhas devido a actividades antrópicas (Como por exemplo: A urbanização), (Figura 1c), (Bezerra et al. 2013).

2.3. Sensoriamento Remoto

Em ciência, sensoriamento remoto significa observar o nosso planeta usando sensores de observação muito acima do solo. Esses sensores podem ser câmeras que “observam” não somente a luz visível, mas também a radiação em outros comprimentos de onda como o infravermelho e as microondas, por exemplo (Souza, 2010).

Lillesand *et al.*, (2008) definiram sensoriamento remoto como sendo a tecnologia de obter informações sobre um objecto, uma área ou um fenómeno sem entrar em contacto físico, baseando se na interacção entre a radiação electromagnética e o alvo. Para obter as informações sobre um objecto, uma área ou um fenómeno de pesquisa, imagens produzidas por sensores remotos, tal como fotografias aéreas (imagens de satélite) são interpretadas usando técnicas de análise visual ou processamento digital (Jensen, 2009).

Através dessas técnicas pode-se obter diversos tipos de informações sobre a superfície, além de acompanhar a sua evolução (Almeida *et al.*, 2015). As imagens de sensoriamento remoto tem características que dependem das propriedades radiométricas dos alvos que compõem a cena, da atmosfera e da configuração do sistema sensor utilizado na aquisição (Bosquilia, n.d).

2.3.2. Índice de Vegetação

Os Índices de vegetação foram criados para ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e aos outros alvos da superfície terrestre, com o intuito de avaliar os recursos naturais e monitorar a cobertura vegetal. Os índices de vegetação realçam o comportamento espectral da vegetação e se correlacionam com os parâmetros biofísicos da vegetação ,como biomassa, Índice de Área Foliar (IAF) e percentagem de cobertura vegetal (Epiphanyo *et al.*,1992).

Segundo Silva (2004) citado por (Araujo, n.d) há a suposição de que a utilização de duas ou mais bandas espectrais podem minimizar as interferências na resposta da vegetação ao sensor, levando a crer que não é somente pelas energias reflectidas no vermelho e no infravermelho próximo que a actividade fotossintética da vegetação se relaciona.

Os índices de vegetação utilizam as bandas do vermelho e infravermelho próximo porque existe uma menor influência dos efeitos da atmosfera e da absorção de clorofila nessa faixa espectral pois quanto menor o comprimento de onda, maior será a interferência atmosférica (Araujo, n.d).

2.3.3. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada(NDVI)

Segundo O NDVI é o índice de vegetação mais conhecido proposto por (Rouse et al., 1973) e que é obtido pela razão entre a reflectância no infravermelho próximo (NIR) e a reflectância no vermelho (R) (Corazza *et al*, 2015).

O NDVI é indicativo da presença de cobertura vegetal no *pixel*, e seus valores variam de -1 a +1, sendo o valor máximo a resposta obtida em pixels com vegetação densa em estágio avançado de crescimento (Oliveira & Freitas, 2015). Os valores mais elevados (+1) estão relacionados às áreas com maiores quantidades de vegetação fotossinteticamente ativa, enquanto os menores valores (-1) representam áreas com menor quantidade de vegetação (Ponzoni e Shimabukuro, 2007). A água tem reflectância maior na banda do vermelho do que na banda do infravermelho, portanto, apresenta valores negativos, próximos a -1, no NDVI. As nuvens refletem de forma semelhante no visível e no infravermelho próximo, portanto, espera-se que o valor do pixel seja bem próximo de zero (Santos *et al*, n.d).

CAPITULO III

3. Metodologia

3.1.Área de Estudo

A costa moçambicana tem um comprimento de cerca de 2700km (Hoguane, 2007), no qual uma pequena porção deste pertence a ilha dos cavalos marinhos e ilha do Lumbué que localizam-se na da boca do Estuário dos Bons Sinais, na zona centro do país, na Província da Zambézia, entre as coordenadas 17°.53'S e 36°54E.

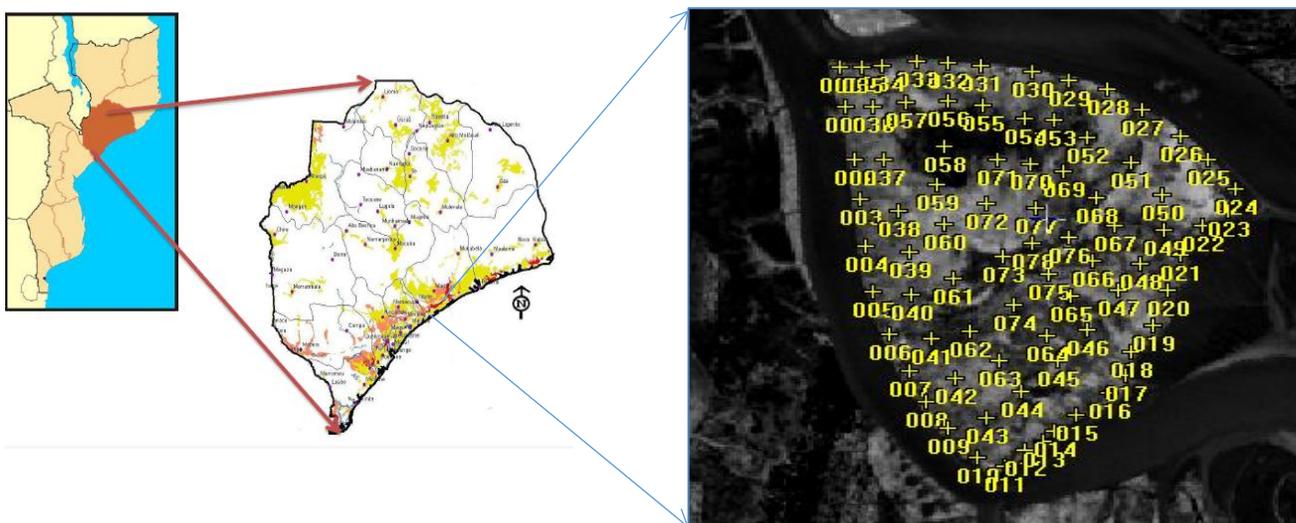


Figura 4: Mapa de localização da área de estudo (boca do Estuário Bons Sinais).

3.1.1. Clima Regional

O clima da região de Quelimane é marcado por uma estação fria e seca (Abril a Outubro) e uma estação quente e húmida (Novembro a março), as temperaturas diurnas são em geral superiores 30°C na estação quente, mas as vezes podem baixar ate 20°C na estação fria

3.2.Métodos

Para estudar os efeitos do nível do mar sobre os mangais de modo a responder todos os objectivos do presente trabalho foram usados os seguintes métodos:

3.3. Análise das variações do nível do mar de 2002 a 2016

3.3.1. Dados

Para a análise da variação do nível do mar foram usados dados do nível do mar medidos em cada 10 dias usando o instrumento marégrafo num intervalo de 14 anos e com a ajuda de software python escolheu-se de forma aleatória um ponto mais próximo ao estuário de acordo com as coordenadas da área de estudo como ilustra a abaixo(Figura 4). Nesse ponto foram extraídos os dados do nível do mar, com vista a perceber melhor a variação do nível do mar naquele local.

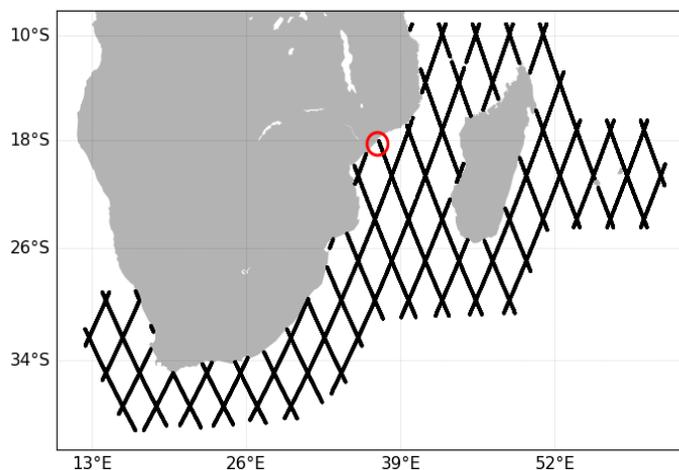


Figura.5: O círculo vermelho indica o ponto de extração dos dados do nível do mar e as linhas pretas são os tracks de satélite da série Jonson.

3.3.2. Avaliação da Cobertura de mangal entre os anos 2002 e 2016

A cobertura do mangal foi avaliada através do uso de informações de fotografias aéreas da cobertura de mangal dos anos de 2002, 2009 e 2016 totalizando assim um intervalo de 14 anos, imagens estas que foram obtidas com a ajuda do sensoriamento remoto através de satélites de sensor LANDSAT Level-2(TM) para as imagens de 2002 e 2009 e sensor LANDSAT 8(OLI) para imagens de 2016 com uma resolução de 30m e uma cobertura de nuvens de +/- 30%. As imagens foram processadas com a ajuda do software BILKO onde este processamento consistia em escolher duas imagens dos anos 2002, 2009 e 2016 respectivamente, sendo uma imagem da Banda do Vermelho e a outra da Banda do Infravermelho Próximo com o objectivo de calcular o NDVI.

3.3.3. Cálculo do Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi calculado a partir das bandas 3 e 4 das cenas Landsat-5 TM e banda 4 e 5 das cenas Landsat-8, correspondentes ao vermelho (parte do espectro visível, onde a clorofila demonstra baixa reflectância) e ao infravermelho próximo (parte do espectro infravermelho, onde a clorofila demonstra alta reflectância), respectivamente, segundo a Equação 1 obtendo assim um total de 3 imagens NDVI (1 para cada ano).

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde: IVP- Infravermelho próximo; e

V- Vermelho

3.3.3.1. Tratamento das imagens NDVI

Após a obtenção das imagens contendo a distribuição horizontal do NDVI dos anos 2002, 2009 e 2016 as mesmas foram conectadas e foram marcados de uma forma aleatória 56 estações cobrindo a área de estudo e de seguida foram extraídos os valores de pixels de NDVI e comparados um a outro tendo 2002 como o ano base. Os valores encontrados do NDVI foram contabilizados e subdivididos em 3 classes , a saber:

- I. $NDVI \geq 0,5$ valores que podem ser associados à presença de vegetação densa;
- II. $0,2 \leq NDVI < 0,5$ valores que podem ser associados à vegetação em crescimento;
- III. $-0,2 \leq NDVI < 0,2$ valores que podem ser associados à presença de solo exposto, água, entre outros.

3.3.4. Determinação da correlação entre NDVI e o NM

A relação entre o NDVI e o NM foram determinada com a ajuda da planilha da Microsoft Excel através do cálculo do coeficiente de correlação entre os valores da taxa de Variação do NDVI e os valores da taxa de variação do nível do mar.

O valor das taxas de variação do NM e do NDVI foram obtidos através das equações de regressão lineares dos gráficos (equação 2) de NM e de NDVI de cada ano(2002, 2009, 2016).

$$y = k * x + w \quad \text{eq.(2)}$$

Onde: **K**- é o valor Taxa de variação.

x- Variável dependente (NM ou NDVI)

w- Valor da ordenada na origem

3.3.5. Respostas do mangal em relação as alterações do nível do mar

Para avaliar as respostas do mangal às alterações do nível do mar foi feita uma análise dos valores das 58 estações marcadas na área de estudo de modo a entender a variação do NDVI em cada ano tendo 2002 como ano base e considerando os cenários do padrão geral de resposta do mangal a alterações no NM (Bezerra *et al*, 2013) de acordo com a tabela 2 abaixo.

Tabela.1: padrão de resposta de mangal as alterações do NM

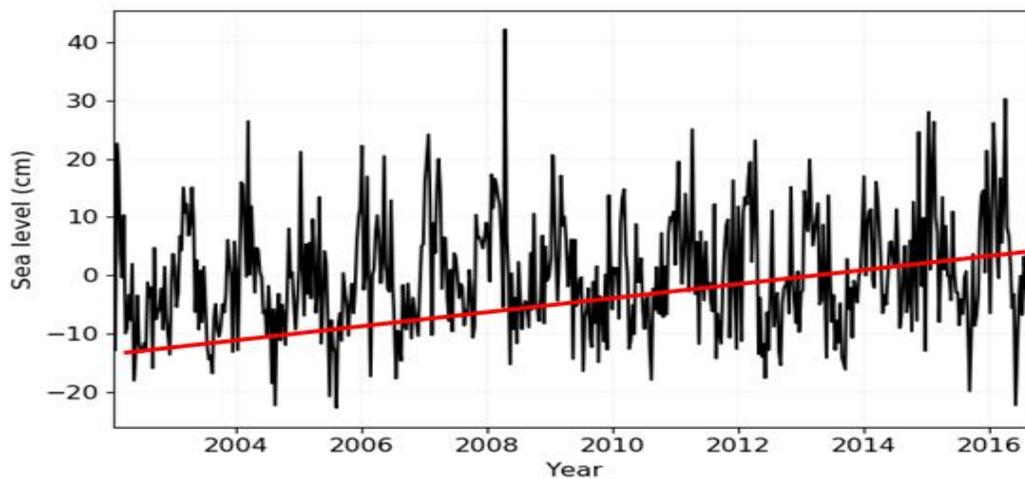
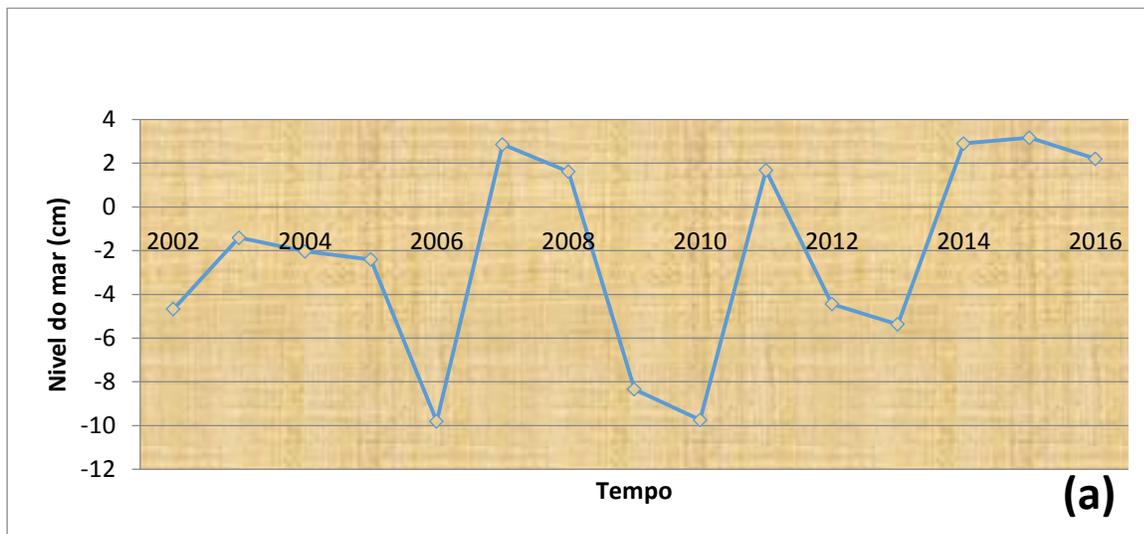
Cenários do NM	Categorias	Impacto no mangal
Não elevação	A	Sem impacto
Retracção	B	Colonização do mangal, expansão da área de mangal.
Elevação	C	Migração do mangal, erosão do solo, alteração do NDVI, etc.

CAPITULO IV

4. Resultados

4.1. Variação do Nível do mar

Os dados do marégrafo mostraram que os valores da variação das medias do nível do mar oscilam entre -9,07 a 3.16cm por ano (figura 6a) com uma tendência linear crescente que mostra um aumento de -1,90cm para 3,15cm e uma oscilação taxativa de 40cm de 2002 a 2016 (figura 6b).



(b)

Figura.6: (a) Variação anual do nível do mar, (b) Tendência geral das oscilações de 10 em 10 dias do nível do Mar de 2002 a 2016.

4.2. Variação do NDVI

Os resultados de NDVI mostraram uma variação nos valores de pixés, onde o ano de 2002 mostrou um mínimo de 0,2 e um máximo de 0,9, o ano de 2009 mostrou um mínimo de 0,2 e um máximo de 0,8 e o ano de 2016 mostrou um mínimo de 0,3 e um máximo de 0,9 pixés (figura 7a). As suas medias variam de 0,69 a 0,73 (figura 7b).

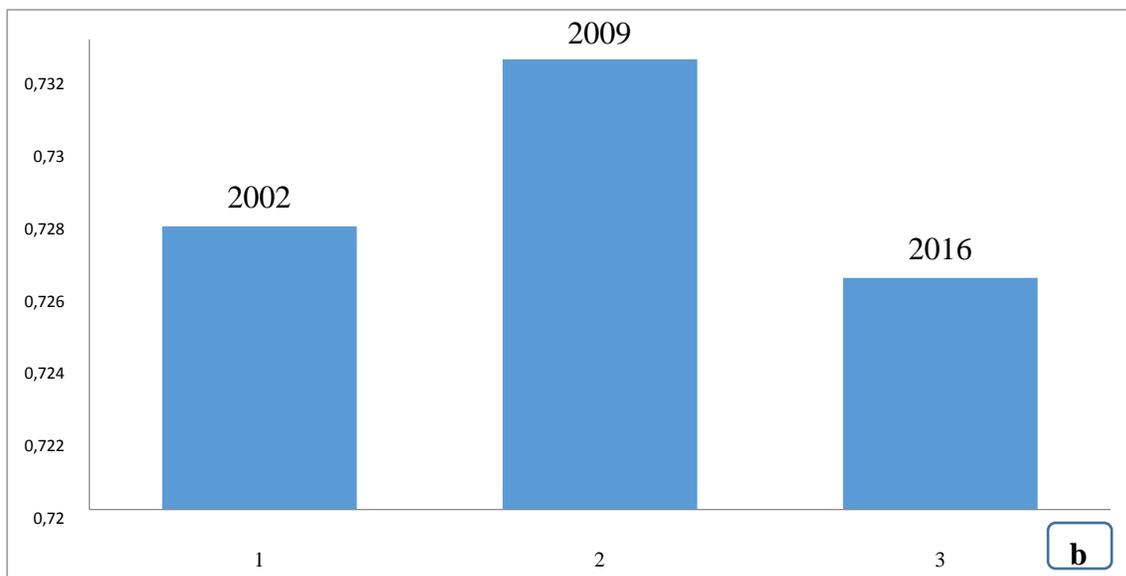
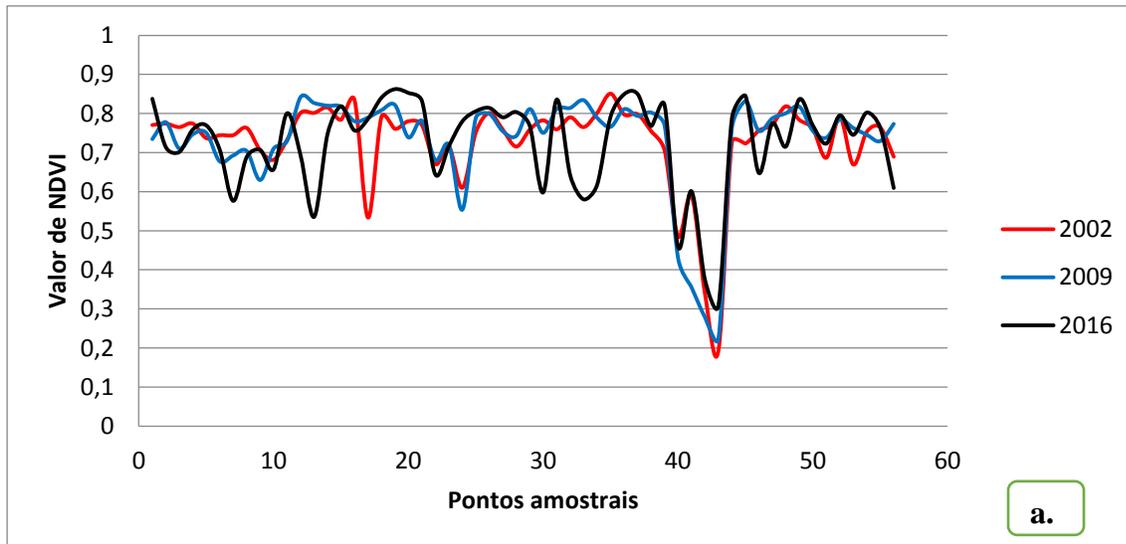


Figura 7: Gráficos de variações do NDVI (a), (b) Médias do NDVI.

4.3. Correlação do NDVI com Nível do Mar

O valor da correlação linear entre as taxas de variação do nível do mar e as taxas de variação do NDVI foi -0,9 mostrando uma correlação significativa negativa entre as duas variáveis de acordo com a tabela abaixo:

Tabela.2: Correlação entre o NM e o NDVI

		Taxa de Variação do NM	Taxa de Variação do NDVI
Anos	2002	-0,1859	-0,0013
	2009	-0,4069	-0,0008
	2016	-0,8075	-0,0006
Correlação com NDVI		====	-0,9*

legenda: *- significativo

4.4. Classificação do Cenário de respostas do mangal em relação as alterações do nível do mar

No padrão de resposta dos mangais as alterações do nível do mar na Ilha dos Cavalos Marinhos de 2002 a 2016 foi possível observar os cenários B e C descritos na tabela 1 onde em algumas áreas os cenários foram consideráveis e em algumas áreas foram pouco consideráveis e os seus resultados podem ser observados em forma de tabela.

Tabela.3: Classificação dos cenários de resposta do mangal

Cenários			
<i>Migração/ Colonização</i>	<i>Erosão do solo</i>	<i>Deposição de sedimentos</i>	<i>Aliteração no NDVI</i>
V**	V**	V*	V**

Legenda: V- Verificado; V**- Considerável; V *- pouco considerável.

CAPITULO V

5. Discussão

Os dados do nível do mar obtidos pelo marégrafo são maioritariamente usados para determinar as variações regionais do nível do mar e também dependem dos factores geológicos, oceanográficos e meteorológicos de cada região (Pramanik, 2016). Sendo assim, a subida do nível do mar nesta região pode estar associada com os eventos extremos a curto ou a longo prazo e os factores geológicos desta região. Com isso os valores do nível do mar encontrados na área de estudo divergem dos valores encontrados pelo Pramanik (2016) e podem vir a divergir com os valores que podem ser encontrados caso seja feito o mesmo estudo em uma outra região.

Segundo Poeking *et al*, (2007) Os valores do NDVI oscilam de -1 a +1. Quanto mais próximo de 1, maior a densidade da cobertura vegetal, ou seja, ela apresenta-se em seu estágio denso, húmido e bem desenvolvida e quanto mais próximos de -1, menor a densidade da cobertura vegetal. Os gráficos de NDVI do presente estudo (figura 7a e 7b), mostraram uma alteração nos valores de NDVI que pode ter sido ocasionada pela erosão, migração ou colonização do mangal dentro da ilha. Foram observados valores de $NDVI > 0,5$ ao longo do intervalo de tempo em causa, valores estes que podem ser associados à presença de mangal denso e também foi possível notar alguns pontos com o $NDVI < 0,2$ para o ano de 2002 e 2009 e em 2016 os mesmos pontos apresentaram valores de $NDVI > 0,2$ e podem ser associados a valores de mangal em crescimento entrando em concordância com Oliveira e Freitas,(2015).

As variáveis do NM e as variáveis do NDVI da Ilha dos cavalos marinhos mostrou uma correlação significativa negativa ($r < -0.5$)

A partir da classificação dos cenários de resposta dos mangais as alterações do nível do mar apresentados na tabela 4 afirma-se que o cenário adequado para os mangais da Ilha dos cavalos Marinhos e o cenário da categoria C que Segundo Bezerra *et al*. (2013) e Gilman *et al*. (2006) no cenário da categoria C da tabela 2, pode haver inundação permanente, alterações no solo (erosão ou deposição) das áreas ocupadas pelo mangal, deslocamento da área de influência das marés, o que pode ocasionar perdas de diversidade biológica em decorrência de alterações no hidroperiodo e na zonação das espécies vegetais do mangal, e pode ocorrer também, migração do mangal em direcção ao continente, caso não existam barreiras à sua colonização.

CAPITULO VI

6. Conclusão

O sensoriamento remoto foi um instrumento fundamental para a realização do presente trabalho e os seus resultados mostraram-se credíveis para articulação de medidas de preservação e mitigação. As magnitudes dos valores do nível do mar variam de um lugar para o outro dependendo da topografia local, estruturas geológicas e também das actividades humanas. Assim como o potencial do seu impacto que também varia de um lugar para outro ao longo da costa, devido à disponibilidade de recursos limitados junto com menor capacidade tecnológica, financeira e social para tomada de medidas de mitigação. Por se tratar de uma espécie de Ilha, conclui-se que a área de estudo é considerada completamente vulnerável as variações do nível do mar tendo em consideração aos resultados do Nível do mar apresentados no presente estudo, colocando em risco certas espécies de mangal que la se encontram por falta de áreas adjacentes para a sua colonização.

Houve uma migração dos mangais das margens da ilha para o centro da ilha ocupando áreas que antigamente eram consideradas áreas sem vegetação. A pesar dessa migração notou-se mais valores de perda da vegetação em relação aos valores de ganho desde 2002 a 2016.

A correlação calculada entre as variáveis do NM e as variáveis do NDVI mostrou um valor de -0,94. Ou seja, as taxas de variação do NM e as taxas de variação do NDVI mostraram uma correlação significativa negativa, com isso concluiu-se que as elevações do nível do mar afectam de uma forma negativa os mangais da área em estudo. Estes resultados exortam as autoridades locais e as comunidades a promover a implementação de medidas de adaptação para assegurar a resistência do ambiente circundante e a sustentabilidade do modo de vida ao longo do estuário.

6.1.Recomendações

Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se que se faça um estudo seguindo as mesmas metodologias usadas no presente estudo com dados recentes obtidos através de novos sensores visto que actualmente já existem novos sensores a bordo de satélites com uma resolução espacial mais precisa, de modo a trazer um conhecimento recente sobre os efeitos das variações do nível do mar assim como na cobertura de mangal.

Alem disso, recomenda-se também que se faça um estudo sobre a vulnerabilidade costeira às elevações do nível do mar de modo a entender o risco de inundação de certas áreas ocupadas por vegetações costeiras assim como infra-estruturas humanas para tomada de medidas de mitigação.

CAPITULO VII

7. Referencias Bibliográficas

- Adger, W. N. (2006). “Vulnerability”, *Global Environmental Change*, v. 16, n. 3, pp. 268–281
- Almeida, T. M., Teixeira, A. C., Oliveira, V. P., & Costa, C. A. (2015). sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio das pedrinhas-BA. Brazilia.
- Alongi, D. M. (2011). Resilience of Mangrove Forests, Tsunamis, and Global Climate Change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, volume 76, issue: 1, Publisher Elsevier, p. 1-13.
- Araujo, A. S. (n.d). Índices de Vegetacao: NDVI, SAVI, razao simples. PARANA.
- Bezerra, Amara, & Kampe. (2013). Impactos da elevação do nível médio do mar sobre o ecossistema manguezal: a contribuição do sensoriamento remoto e modelos computacionais.
- Biofund. (2017). Feira sobre a cultura da conservacao e o desenvolvimento sustentavel. Zambezia.
- Bosquilia, R. W. (n.d). omportamento Espectral De Alvos Vegetacao. Parana.
- Corazza, R., Filho, W. P., & Basso, L. A. (2015). Índices de vegetação aplicados ao mapeamento de um episódio de florações de algas no Lago Guaíba - RS. Brasil.
- Church, J. A., White, N. J., Aarup, T., Wilson, W. S., L.Woodworth, P., Domingues, C. M., et al. (2013). Understanding global sea levels: past, present and future. Tasmania.
- Epiphanio, J.C.M.; Formaggio, A.R.; Valeriano, M.M. & Olivira, J.B. (1992). Comportamento espectral de solos do estado de São Paulo. São José dos Campos, INPE. P.134.
- Fontana, D. C. (2011). Comportamento Espectral da vegetacao.
- Gallopín, G. C. (2006). “Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity”, *Global Environmental Change*, v. 16, n. 3, pp. 293 – 303.
- Gilman, E.L. et al.(2006) Threats to mangroves from climate change and adaptation options, *Aquat. Bot.*, 89, p. 237-250.
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J., Duke, N. (2011) Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. United kingdom. *Global Ecology and Biogeography* 20:154-159.
- Guta, O. R. (2017). Mapeamento de áreas inundadas pela maré para auxiliáar o refloresrtamento de mangal em Icidua, Quelimane, Zambézia. Qulimane.

- Gregory, J. M., Lowe, J. A. (2000). “Predictions of global and regional sealevel rise using AOGCMs with and without flux adjustment”, *Geophysical Research Letters*, v. 27, n. 19, pp. 3069–3072.
- Hogueane, A. M. (2007). *Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique*.
- IPCC.(2001), “Climate Change 2001”. *The Scientific Basis*, Cambridge University Press, p. 881, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, (2013), “Climate Change 2013”. *The Physical Science Basis*, Cambridge University Press, p.1535, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jensen, J.R.(2009). *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. São José dos Campos, SP:Parêntese.598p.
- Lara, R. J.; Cohen, M. C. L, (2003). *Sensoriamento remoto. Os manguezais da costa Norte Brasileira*. MARCUS, E. B. F. (org) 1a ed. Maranhão: Fundação Rio Bacanga, p.13-30.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. and Chipman, J.W. (2008) *Remote Sensing and Image Interpretation*. 6th Edition, John Wiley & Sons, Hoboken.
- Malafaia, R. A. (2011). *evolução recente da linha de costa entre a zona de*. Lisboa.
- Malua, R. C. (2016). *Estudo das transformações nas áreas de mangal entre factores naturais e humanos no bairro de Muave, Cidade da Beira entre 2005 – 2015*. Beira.
- Menezes, G. M. (2011). *Estudo da evolução da linha de costa entre o cabo Mondego e Aveiro (1958 - 2010)*.
- MITADER.(2015). *Estratégia e Plano de Acção Nacional Para Restauração de Mangal 2015 – 2020*. Maputo.
- Neves, R., Inácio, R., & Gomez, V. (2005). *Mangais. Monte da Caparica*.
- Odum, E.P. (1975). *Ecology and Our Endangered Life-Support Systems*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, USA.
- Oliveira, G. C., & Freitas, M. A. (2015). *Análise de correlações entre o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e dados hidrometeorológicos do entorno do reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí-PA utilizando imagens Landsat-5 TM*. Brasil.
- Ponzoni, F.J.; Shimabukuro, Y.E. (2007). *Sensoriamento remoto no estudo da vegetação*. Sao Jose dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed. 127p.
- Pramanik, M. K. (2016). *Assessment of the Impact of Sea Level Rise on Mangrove Dynamics in the Indian Part of Sundarbans using Geospatial Techniques*. *Journal of Biodiversity, Bioprospecting and Development*, India.

- Rouse J. W.; Haas Jr, R. H.; Schell J. A. and D. W. (1973). Deering, “Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS”, Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I, 309–317.
- Santos, R. T. (2017). efeitos da subida do nível do mar na inundação costeira na costa leste do Brasil devido às mudanças climáticas.
- Santos, A. M., Galvinio, J. D., & Moura, M. S. (n.d). Aplicação do índice de vegetação por diferença por normalizada para identificação da cobertura fitogeográfica da bacia hidrográfica do rio goian-pe. BRASIL.
- Silva, E.T.J.B.(2004). Utilização dos índices de Vegetação do Sensor MODIS para Detecção de Desmatamentos no Cerrado: Investigação de Parâmetros e Estratégias. Universidade de Brasília, Brasília.
- Silva, B. B; Lopes, G. M; Azevedo, P. V. (2005). Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5-TM. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 13, n.2, p.201-211.
- Souza, R. B. (2010). Sensoriamento Remoto:Conceitos fundamentais e plataformas. Santa Maria, Brasil.
- Soares, M.L.G(2009). A conceptual model for responses of mangrove forest to sea level rise. Journal of Coastal Research, especial issue, p. 267- 271.
- Tardy, Y. (1997). “Geoquímica Global: oscilações climáticas e evolução do meio ambiente desde quatro bilhões de anos”, Estudos Avançados, v. 11, n. 30,pp. 149–173.
- Zide, A. & Rajkaran, A. (2014) Avaliação da biodiversidade do habitat crítico do riacho costeiro Nhangonzo. Relatório nr.1521646-13543-17, Elaborado por EOH Coastal and environmental services para Sasol Petroleum Temane, Sasol Exploration & Petroleum International Londres, Moçambique.